

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-261308

(43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 2001-057056

(71)Applicant : KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD

(22)Date of filing : 01.03.2001

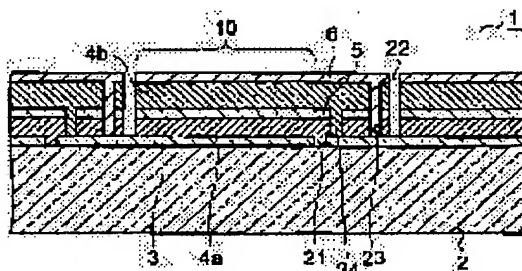
(72)Inventor : MEGURO TOMOMI
HAYASHI KATSUHIKO
NAKAJIMA AKIHIKO

(54) THIN-FILM PHOTOELECTRIC CONVERSION MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin-film photoelectric conversion module, for which a hybrid type structure provided with an intermediate reflection layer is adopted and high output characteristics are realized easily.

SOLUTION: This thin-film photoelectric conversion module 1 is provided with a plurality of hybrid type thin-film photoelectric conversion cells 10, connected serially to each other on a transparent substrate 2. The cells 10 are constituted of a transparent front surface electrode layer 3, a thin-film photoelectric conversion unit 4a provided with an amorphous photoelectric conversion layer, an intermediate reflection layer 5 having conductivity, light transmissivity and light reflectivity, the thin-film photoelectric conversion unit 4b provided with a crystalline photoelectric conversion layer and a back surface electrode layer 6. A separation groove 24, whose opening is provided on the upper surface of the intermediate reflection layer 5 and bottom surface is constituted of the upper surface of the transparent front surface electrode layer 3, is provided so as to position the separation groove 24 between the separation groove 21 and a connection groove 23, or to position the separation groove 21 between the connection groove 23 and the separation groove 24, and the separation groove 24 is filled with a material constituting the thin-film photoelectric conversion unit 4b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-261308

(P2002-261308A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 31/04

識別記号

F I

H 0 1 L 31/04

データベース(参考)

Y 5 F 0 5 1

W

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-57056(P2001-57056)

(22) 出願日 平成13年3月1日(2001.3.1)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電システム実用化技術開発委託事業」、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000000941

鐘淵化学工業株式会社

大阪府大阪市北区中之島3丁目2番4号

(72) 発明者 目黒 智巳

滋賀県大津市比叡辻1丁目25-1

(72) 発明者 林 克彦

滋賀県草津市平井4丁目8-14

(72) 発明者 中島 昭彦

兵庫県姫路市飾磨区城南町1丁目20-3-503

(74) 代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘 (外7名)

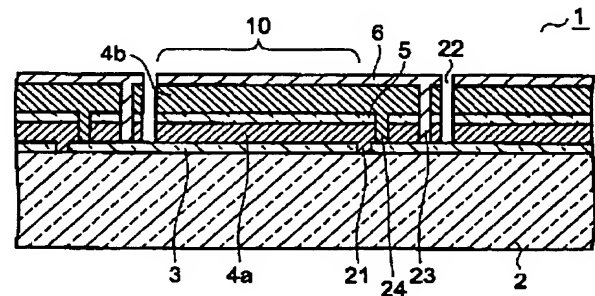
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜光電変換モジュール

(57) 【要約】

【課題】 中間反射層を有するハイブリッド型構造を採用し且つ高い出力特性を容易に実現し得る薄膜光電変換モジュールを提供すること。

【解決手段】 本発明の薄膜光電変換モジュール1は、透明基板2上で互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セル10を有し、それらセル10は透明前面電極層3、非晶質光電変換層を備えた薄膜光電変換ユニット4a、導電性・光透過性・光反射性を有する中間反射層5、結晶質光電変換層を備えた薄膜光電変換ユニット4b、及び裏面電極層6で構成され、中間反射層5の上面に開口を有し且つ底面が透明前面電極層3の上面で構成された分離溝24が、分離溝21と接続溝23との間に分離溝24が位置するように或いは接続溝23と分離溝24との間に分離溝21が位置するように設けられ、この分離溝24は薄膜光電変換ユニット4bを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、

前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を備えた第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を備えた第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、

前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、

前記透明前面電極層は第1の分離溝によって分割され、この第1の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれ、

前記第1の分離溝から離れた位置に、前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が設けられ、

前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、

前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第3の分離溝が、前記第1の分離溝と前記接続溝との間に前記第3の分離溝が位置するように或いは前記接続溝と前記第3の分離溝との間に前記第1の分離溝が位置するように設けられ、この第3の分離溝は前記第2の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュール。

【請求項2】 透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、

前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を備えた第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を備えた第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、

前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、

前記透明前面電極層は互いに離間された第1及び第4の分離溝によって分割され、これら第1及び第4の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋

(2)

特開2002-261308

2

め込まれ、

前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が、前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に前記第4の分離溝が位置するように設けられ、

前記第4の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、

前記第1の分離溝と前記第4の分離溝との間に、前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第3の分離溝が設けられ、この第3の分離溝は前記第2の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュール。

【請求項3】 透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、

前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を有する第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を有する第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、

前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、

前記透明前面電極層は第1の分離溝によって分割され、この第1の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれ、

前記第1の分離溝から離れた位置に、前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が設けられ、

前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、

前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明基板と前記透明前面電極層との界面で構成された第3の分離溝が、前記第

3

1 の分離溝と前記接続溝との間に前記第 3 の分離溝が位置するように或いは前記接続溝と前記第 3 の分離溝との間に前記第 1 の分離溝が位置するように設けられ、この第 3 の分離溝は前記第 2 の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュール。

【請求項 4】 前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う 2 つの間で、前記第 3 の分離溝は前記第 1 の分離溝と前記接続溝との間に設けられたことを特徴とする請求項 1 または請求項 3 に記載の薄膜光電変換モジュール。

【請求項 5】 前記中間反射層は $1.0 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ ~ $1.0 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ の比抵抗を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜光電変換モジュール。

【請求項 6】 前記中間反射層は実質的に ZnO からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の薄膜光電変換モジュール。

【請求項 7】 前記非晶質光電変換層は非晶質シリコン層であり、前記結晶質光電変換層はポリシリコン層であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の薄膜光電変換モジュール。

【請求項 8】 前記透明基板はガラス基板であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜光電変換モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜光電変換モジュールに係り、特に、ハイブリッド型構造を採用し且つ中間反射層を有する薄膜光電変換モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】通常、薄膜光電変換モジュールは、複数の薄膜光電変換セルをガラス基板上で相互に直列接続した構造を有している。それぞれの薄膜光電変換セルは、一般的には、ガラス基板上への前面透明電極層、薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層の成膜とパターンニングとを順次行うことにより形成されている。

【0003】このような薄膜光電変換モジュールには、光電変換効率を向上させることが求められている。タンデム型構造は、前面透明電極層と裏面電極層との間に吸収波長域が互いに異なる複数の薄膜光電変換ユニットを積層するものであり、入射光をより有効に利用可能とする構造として知られている。

【0004】タンデム型構造の 1 種であるハイブリッド型構造では、それら薄膜光電変換ユニット間で、薄膜光電変換ユニットの主要部である光電変換層の結晶性が異なっている。例えば、ハイブリッド型構造の薄膜光電変換モジュールにおいては、光入射側（または前面側）の薄膜光電変換ユニットの光電変換層としてより広いバン

4

ドギャップを有する非晶質シリコン層が使用され、裏面側の薄膜光電変換ユニットの光電変換層としてより狭いバンドギャップを有するポリシリコン層が使用される。

【0005】ところで、タンデム型の薄膜光電変換モジュールでは、積層された複数の薄膜光電変換ユニットの間に光透過性及び光反射性の双方を有し且つ導電性の中間反射層を介在させることがある。この中間反射層を設けた場合、前面側の光電変換層に入射した光を中間反射層で反射させることができるため、前面側の光電変換層の実効的な膜厚を増大させること、換言すれば、前面側の薄膜光電変換ユニットの出力電流密度を増大させることができる。

【0006】したがって、上述したハイブリッド型の薄膜光電変換モジュールで中間反射層を用いた場合、膜厚の増加に応じて光劣化が顕著となる非晶質シリコン層を十分に薄く形成しつつ、非晶質シリコン層を有する薄膜光電変換ユニットとポリシリコン層を有する薄膜光電変換ユニットとの間で出力電流密度をバランスさせることができる。すなわち、モジュールの出力特性を向上させることが可能であると考えられる。

【0007】しかしながら、中間反射層を有するハイブリッド型の薄膜光電変換モジュールでは、以下に説明するように必ずしも期待されるほどの出力特性が実現されている訳ではない。

【0008】タンデム型の薄膜光電変換モジュールにおいて、ある薄膜光電変換セルの裏面電極層とそれに隣接する薄膜光電変換セルの透明前面電極層との電気的接続は、複数の薄膜光電変換ユニット及びそれらの間に介在する中間反射層を貫通する接続溝を設け、この接続溝に裏面電極層を構成する材料を埋め込むことによって実現されている。すなわち、接続溝に埋め込む金属と中間反射層とは接触することとなる。

【0009】この中間反射層は上述のように導電性を有しており、したがって、電極層の役割も果たしている。また、タンデム型構造において、単一の薄膜光電変換セルを構成する複数の薄膜光電変換ユニットは互いに直列接続されているとみなすことができる。そのため、上記の構造では、裏面電極層と中間反射層との間に介在する薄膜光電変換ユニットで生じた電力を有効に取り出すことができない。

【0010】このような問題は、本出願人による特開平 9-129903 号公報及び特開平 9-129906 号公報に記載された構造を採用することにより解決され得るものと考えられる。それら公報が開示する構造を図 5 (a)、(b) にそれぞれ示す。

【0011】図 5 (a)、(b) は、それぞれ、タンデム型構造を採用した従来の薄膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図である。図 5 (a)、(b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 は、ガラス基板 202 上に、透明前面電極層 103、薄膜光電変換ユニット 10

4a、中間反射層 105、薄膜光電変換ユニット 104b、及び裏面電極層 106を順次積層した構造を有している。

【0012】図 5 (a) に示す薄膜光電変換モジュール 101 では、透明前面電極層 103 は、中間反射層 105 と薄膜光電変換ユニット 104b との界面に開口を有する分離溝 121 によってそれぞれの薄膜光電変換セル 110 に対応して分割されている。すなわち、この分離溝 121 は透明前面電極層 103 だけでなく中間反射層 105 をも分割しており、したがって、中間反射層 105 の薄膜光電変換セル 110 内に位置する部分は、それ以外の領域内に位置する部分から離間されている。

【0013】一方、図 5 (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 では、透明前面電極層 103 は、透明前面電極層 103 と薄膜光電変換ユニット 104a との界面に開口を有する分離溝 121 によってそれぞれの薄膜光電変換セル 110 に対応して分割されている。また、中間反射層 105 は、中間反射層 105 と薄膜光電変換ユニット 104b との界面に開口を有し且つ底面が分離溝 121 内に露出したガラス基板 202 の表面で構成された分離溝 124 によって分割されている。すなわち、図 5 (a) に示したのと同様に、図 5 (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 においても、中間反射層 105 の薄膜光電変換セル 110 内に位置する部分は、それ以外の領域内に位置する部分から離間されている。

【0014】このように、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 では、中間反射層 105 のセル 110 内に位置する部分とそれ以外の領域内に位置する部分とは離間されているため、中間反射層 105 のセル 110 内に位置する部分と裏面電極層 106 との間で、接続溝 123 内を埋め込む金属を介して電流がリークするのを防止することができると考えられる。実際、薄膜光電変換ユニット 104a, 104b の光電変換層としてそれぞれ非晶質半導体層を用いた場合には、そのようなリーク電流の発生が防止され、十分な出力特性を実現し得ることが確認されている。したがって、同様に、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造とした場合においても、十分な出力特性を実現可能となることが期待される。

【0015】しかしながら、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造として実際に製造したところ、必ずしも期待されるほどの出力特性が実現される訳ではないことが判明した。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、中間反射層を有するハイブリッド型構造を採用し且つ高い出力特性を容易に実現し得る薄膜光電変換モジュールを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するに当たり、本発明者らは、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 によるとハイブリッド型構造とした場合に高い出力特性が実現され難い理由について調べた。その結果、以下の事実が主な理由であることを見出した。

【0018】図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造とした場合、薄膜光電変換ユニット 104b は結晶質光電変換層を有しているため、図 5 (a) の分離溝 121 及び図 5 (b) の分離溝 124 は結晶質で埋め込まれるはずである。しかしながら、分離溝 121 及び 124 の底面は非晶質であるガラス基板の表面で構成されているため、実際には、薄膜光電変換ユニット 104b の成膜の初期には非晶質層が形成され、その後、結晶質層が成長する。すなわち、図 5 (a) の分離溝 121 及び図 5 (b) の分離溝 124 は、非晶質で覆われた後に結晶質で埋め込まれる。

【0019】シリコンのような材料では、結晶質層は非晶質層に比べて遥かに大きな残留応力を有している。分離溝 121 及び 124 のようにその周囲と異なる結晶の成長が極狭い領域で起こると、その部分は非常に脆くなる。そのため、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 では、薄膜光電変換ユニット 104b の成膜工程または後工程の際に、薄膜光電変換ユニット 104b の一部が薄膜 104a, 105 を伴って分離溝 121, 124 及び周囲の領域とともに剥離してしまうのである。

【0020】このような剥離が裏面電極層 106 の成膜前に生じた場合には、当然、剥離が生じた領域は金属で埋め込まれることとなる。この場合、もはや、中間反射層 105 と裏面電極層 106 との間でリーク電流が発生するのを防止することはできない。図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造とした場合に高い出力特性が実現されないのは、1 つには以上の事実に基づいている。

【0021】図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造とした場合に上述した問題が生じる他の理由は、隣り合う透明前面電極 103 間に結晶質が介在していることにある。シリコンのような材料は、結晶質である場合、非晶質である場合に比べて遥かに導電性が高い。そのため、図 5 (a), (b) に示す薄膜光電変換モジュール 101 をハイブリッド型構造とした場合、隣り合う透明前面電極 103 間で電氣的短絡が生じ、高い出力特性が実現されないのである。

【0022】本発明者らは、これら事実から、中間反射層と裏面電極層との間におけるリーク電流を防止するための分離溝を、透明前面電極層を分割する分離溝から離間して設けることにより、隣り合う透明電極間に非晶質

のみを介在させてそれらの間の電氣的短絡を防止することができ、特に、中間反射層と裏面電極層との間におけるリーク電流を防止するための分離溝の底面を、一般には結晶質である透明前面電極層の上面で構成することにより、その分離溝を結晶質のみで埋め込んで上述した剥離を防止することができると考え、本発明を為すに至ったものである。

【0023】すなわち、本発明によると、透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を備えた第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を備えた第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、前記透明前面電極層は第1の分離溝によって分割され、この第1の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれ、前記第1の分離溝から離れた位置に、前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が設けられ、前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第3の分離溝が、前記第1の分離溝と前記接続溝との間に前記第3の分離溝が位置するように或いは前記接続溝と前記第3の分離溝との間に前記第1の分離溝が位置するように設けられ、この第3の分離溝は前記第2の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュールが提供される。

【0024】また、本発明によると、透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を備えた第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を備えた第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、

前記透明前面電極層は互いに離間された第1及び第4の分離溝によって分割され、これら第1及び第4の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれ、前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が、前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に前記第4の分離溝が位置するように設けられ、前記第4の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、前記第1の分離溝と前記第4の分離溝との間に、前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第3の分離溝が設けられ、この第3の分離溝は前記第2の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュールが提供される。

【0025】さらに、本発明によると、透明基板と前記透明基板の一方の主面上に並置され且つ互いに直列接続された複数のハイブリッド型薄膜光電変換セルとを具備し、前記複数の薄膜光電変換セルは、前記透明基板の一方の主面上に順次積層された透明前面電極層、非晶質光電変換層を有する第1の薄膜光電変換ユニット、導電性を有するのとともに光透過性及び光反射性の双方を有する中間反射層、結晶質光電変換層を有する第2の薄膜光電変換ユニット、及び裏面電極層で構成され、前記複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、前記透明前面電極層は第1の分離溝によって分割され、この第1の分離溝は前記第1の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれ、前記第1の分離溝から離れた位置に、前記裏面電極層の上面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された第2の分離溝が設けられ、前記第1の分離溝と前記第2の分離溝との間に、前記第2の薄膜光電変換セルと前記裏面電極層との界面に開口を有し且つ底面が前記透明前面電極層と前記第1の薄膜光電変換ユニットとの界面で構成された接続溝が設けられ、この接続溝は前記裏面電極層を構成する材料で埋め込まれることによって前記隣り合う2つの薄膜光電変換セルの一方の裏面電極層と他方の透明前面電極層とを電氣的に接続し、前記中間反射層と前記第2の薄膜光電変換ユニットとの界面に開口を有し且つ底面が前記透明基板と前記透明前面電極層との界面で構成された第3の分離溝が、前記第1の分離溝と前記接続溝との間に前記第3の分離溝が位置するように或いは前記接続溝と前記第3の

分離溝との間に前記第1の分離溝が位置するように設けられ、この第3の分離溝は前記第2の薄膜光電変換ユニットを構成する材料で埋め込まれたことを特徴とする薄膜光電変換モジュールが提供される。

【0026】なお、ここで使用する用語「結晶質」は、多結晶及び微結晶を包含する。また、用語「多結晶」及び「微結晶」は、部分的に非晶質を含むものをも意味するものとする。

【0027】本発明の薄膜光電変換モジュールが第4の分離溝を有していない場合、複数の薄膜光電変換セルのそれぞれの隣り合う2つの間で、第3の分離溝は第1の分離溝と接続溝との間に設けられることが好ましい。

【0028】本発明において、透明基板としては、ガラス基板のように非晶質の透明基板を用いることが好ましい。また、中間反射層としては、例えば、 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \text{cm} \sim 1.0 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ の比抵抗を有する薄膜、特に実質的にZnOなどのような酸化物からなる薄膜を用いることができる。さらに、非晶質光電変換層としては非晶質シリコン層などを用いることができ、結晶質光電変換層としてはポリシリコン層などを用いることができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明について図面を参照しながらより詳細に説明する。なお、各図において同様の部材には同一の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0030】図1は、本発明の第1の実施形態に係る薄膜光電変換モジュールを概略的に示す平面図である。図1に示す薄膜光電変換モジュール1は、透明基板2上に複数の薄膜光電変換セル10を集積した構造を有している。これら薄膜光電変換セル10は帯状の形状を有しており、互いに直列接続されて直列アレイ11を構成している。なお、この直列アレイ11の両端には、リボン状の銅箔等からなる一対の電極バスバー12が取り付けられている。

【0031】図1に示すモジュール1について、図2を参照しながら、さらに詳しく説明する。図2は、図1に示す薄膜光電変換モジュール1のA-A線に沿った断面図である。なお、図2には、モジュール1の一部のみが描かれている。

【0032】図2に示すように、モジュール1の薄膜光電変換セル10は、透明基板2上に、透明前面電極層3、非晶質光電変換層を備えた第1の薄膜光電変換ユニット4a、中間反射層5、結晶質光電変換層を備えた第2の薄膜光電変換ユニット4b、及び裏面電極層6を順次積層した構造を有している。すなわち、このモジュール1は、透明基板2側から入射する光を、ハイブリッド型構造を形成する光電変換ユニット4a、4bによって光電変換するものである。

【0033】本実施形態において、薄膜光電変換モジュ

ール1には、上記薄膜を分割する第1～第3の分離溝21、22、24と接続溝23とが設けられている。これら第1～第3の分離溝21、22、24及び接続溝23は、互いに平行であって、紙面に対して垂直な方向に延在している。なお、隣り合うセル10間の境界は、第1及び第2の分離溝21、22によって規定されている。

【0034】第1の分離溝21は、透明前面電極層3をそれぞれのセル10に対応して分割しており、透明前面電極層3と薄膜光電変換ユニット4aとの界面に開口を有し且つ基板2の表面を底面としている。この第1の分離溝21は、薄膜光電変換ユニット4aを構成する非晶質によって埋め込まれており、隣り合う透明前面電極層3同士を電氣的に絶縁している。

【0035】第2の分離溝22は、第1の分離溝21から離れた位置に設けられている。第2の分離溝22は、薄膜光電変換ユニット4a、4b、中間反射層5、及び裏面電極層6をそれぞれのセル10に対応して分割しており、裏面電極層6の露出面に開口を有し且つ透明前面電極層3の表面を底面としている。この第2の分離溝22は、隣り合うセル10間で裏面電極層6同士を及び中間反射層5同士を電氣的に絶縁している。

【0036】接続溝23は、第1の分離溝21と第2の分離溝22との間に設けられている。接続溝23は、薄膜光電変換ユニット4a、4b及び中間反射層5を分割しており、薄膜光電変換ユニット4bと裏面電極層6との界面に開口を有し且つ透明前面電極層3の表面を底面としている。この接続溝23は、裏面電極層6を構成する金属などの導電性材料で埋め込まれており、隣り合うセル10の一方の裏面電極層6と他方の透明前面電極層3とを電氣的に接続している。すなわち、接続溝23及びそれを埋め込む金属などの導電性材料は、基板2上に並置されたセル10同士を直列接続する役割を担っている。

【0037】第3の分離溝24は、第1の分離溝21と接続溝23との間に設けられている。第3の分離溝24は、薄膜光電変換ユニット4a及び中間反射層5を分割しており、中間反射層5と薄膜光電変換ユニット4bとの界面に開口を有し且つ透明前面電極層3の表面を底面としている。この第3の分離溝24は、薄膜光電変換ユニット4bを構成する結晶質で埋め込まれており、中間反射層5のセル10内に位置する部分を接続溝23を埋め込む金属などの導電性材料から電氣的に絶縁している。なお、第3の分離溝24は、第1の分離溝21が第3の分離溝24と接続溝23との間に位置するように設けられてもよい。但し、図2に示すように、第3の分離溝を第1の分離溝21と接続溝23との間に設けたほうが、発電に有効な面積を広くすることが容易である。

【0038】次に、上述したモジュール1の各構成要素について説明する。

【0039】透明基板2としては、例えば、ガラス板や

透明樹脂フィルムなどを用いることができる。これらはいずれも結晶質ではないので、透明基板 2 としてガラス板などを用いた場合、図 2 に示す構造を採用することによって得られる効果がより顕著となる。

【0040】透明前面電極層 3 は、ITO 膜、 SnO_2 膜、或いは ZnO 膜のような透明導電性酸化物層等で構成することができ、通常、これらの膜は多結晶体として成膜される。透明前面電極層 3 は単層構造でも多層構造であってもよい。透明前面電極層 3 は、蒸着法、CVD 法、或いはスパッタリング法等それ自体既知の気相堆積法を用いて形成することができる。

【0041】透明前面電極層 3 の表面には、微細な凹凸を含む表面テクスチャ構造を形成することが好ましい。透明前面電極層 3 の表面にこのようなテクスチャ構造を形成することにより、光電変換ユニット 4 への光の入射効率を向上させることができる。表面テクスチャ構造を形成する方法に特に制限はなく、公知の様々な方法を用いることができる。

【0042】薄膜光電変換ユニット 4 a は非晶質光電変換層を備えており、例えば、透明前面電極層 3 側から p 型シリコン系半導体層、シリコン系光電変換層、及び n 型シリコン系半導体層を順次積層した構造を有する。これら p 型半導体層、非晶質光電変換層、及び n 型半導体層はいずれもプラズマ CVD 法により形成することができる。

【0043】一方、薄膜光電変換ユニット 4 b は結晶質光電変換層を備えており、例えば、中間反射層 5 側から p 型シリコン系半導体層、シリコン系光電変換層、及び n 型シリコン系半導体層を順次積層した構造を有する。これら p 型半導体層、結晶質光電変換層、及び n 型半導体層はいずれもプラズマ CVD 法により形成することができる。

【0044】これら薄膜光電変換ユニット 4 a、4 b を構成する p 型半導体層は、例えば、シリコンまたはシリコンカーバイドやシリコンゲルマニウム等のシリコン合金に、ボロンやアルミニウム等の p 導電型決定不純物原子をドーピングすることにより形成することができる。また、非晶質光電変換層及び結晶質光電変換層は、非晶質シリコン系半導体材料及び結晶質シリコン系半導体材料でそれぞれ形成することができ、そのような材料としては、真性半導体のシリコン（水素化シリコン等）やシリコンカーバイド及びシリコンゲルマニウム等のシリコン合金等を挙げることができる。また、光電変換機能を十分に備えていれば、微量の導電型決定不純物を含む弱 p 型もしくは弱 n 型のシリコン系半導体材料も用いられ得る。さらに、n 型半導体層は、シリコンまたはシリコンカーバイドやシリコンゲルマニウム等のシリコン合金に、燐や窒素等の n 導電型決定不純物原子をドーピングすることにより形成することができる。

【0045】以上のように構成される薄膜光電変換ユニ

ット 4 a と薄膜光電変換ユニット 4 b とでは互いに吸収波長域が異なっている。例えば、薄膜光電変換ユニット 4 a の薄膜光電変換層を非晶質シリコンで構成し、薄膜光電変換ユニット 4 b の薄膜光電変換層を結晶質シリコンで構成した場合には、前者に 550 nm 程度の光成分を最も効率的に吸収させ、後者に 900 nm 程度の光成分を最も効率的に吸収させることができる。

【0046】薄膜光電変換ユニット 4 a の厚さは、0.01 μm ~ 0.5 μm の範囲内にあることが好ましく、0.1 μm ~ 0.3 μm の範囲内にあることがより好ましい。本実施形態に係るモジュール 1 では、外部から薄膜光電変換ユニット 4 a に入射した光を中間反射層 5 で反射させることができるため、薄膜光電変換ユニット 4 a の実効的な膜厚を増大させることができる。したがって、光劣化を抑制するために薄膜光電変換ユニット 4 a の膜厚を薄くしたとしても、十分に高い出力電流密度を維持することができる。

【0047】一方、薄膜光電変換ユニット 4 b の厚さは、0.1 μm ~ 10 μm の範囲内にあることが好ましく、0.1 μm ~ 5 μm の範囲内にあることがより好ましい。すなわち、薄膜光電変換ユニット 4 b の厚さは、薄膜光電変換ユニット 4 a の厚さの数倍から 10 倍程度であることが好ましい。これは、非晶質光電変換層に比べ、結晶質光電変換層は光吸収係数が小さいためである。

【0048】中間反射層 5 は、 ZnO 膜、 SiO_2 膜、 SnO_2 膜、 InO_2 膜、 Al_2O_3 膜、 Y_2O_3 膜、及び TiO_2 膜のような透明酸化物層等で構成することができ、好ましくは ZnO 膜のような透明導電性酸化物層で構成され、これらの膜は多結晶体として成膜されることが多い。中間反射層 5 は、蒸着法、CVD 法、或いはスパッタリング法等それ自体既知の気相堆積法を用いて形成することができる。なお、中間反射層 5 の比抵抗は、不純物をドーピングすることや酸化度を変化させることなどによって調節可能であり、好ましくは、 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ ~ $1.0 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ の範囲内にある。

【0049】中間反射層 5 の厚さは、10 nm ~ 100 nm の範囲内にあることが好ましく、20 nm ~ 70 nm の範囲内にあることがより好ましい。これは、中間反射層 5 が過剰に薄い場合には十分な光反射性が得られず、過剰に厚い場合には十分な光透過性が得られないことがあるためである。

【0050】裏面電極層 6 は電極としての機能を有するだけでなく、透明基板 2 から光電変換ユニット 4 a、4 b に入射し裏面電極層 6 に到達した光を反射して光電変換ユニット 4 a、4 b 内に再入射させる反射層としての機能も有している。裏面電極層 6 は、銀やアルミニウム等の金属材料を用いて、蒸着法やスパッタリング法等により、例えば 200 nm ~ 400 nm 程度の厚さに形成することができる。また、裏面電極層 6 は、光電変換ユ

ニット4b側の面に、例えば金属からなる導電性薄膜と光電変換ユニット4bとの間の接着性を向上させるために、ZnOのような非金属材料からなる透明導電性薄膜（図示せず）をさらに有することができる。

【0051】本発明の第1の実施形態によると、上述したモジュール1は、例えば以下に示す方法により製造することができる。まず、透明基板2の一方の主面上に、透明前面電極層3を連続膜として成膜する。次に、連続膜として形成した透明前面電極層3にYAGレーザ等を用いたレーザスクライブによって第1の分離溝21を形成し、透明前面電極層3を各セル10に対応して分割する。透明前面電極層3のレーザスクライブに伴って生じる導電性の微細粉は、超音波洗浄などによって必要に応じて除去する。

【0052】次いで、透明前面電極層3上に薄膜光電変換ユニット4aを連続膜として成膜する。この薄膜光電変換ユニット4aの成膜に伴い、透明前面電極層3に形成した第1の分離溝21は、薄膜光電変換ユニット4aを構成する非晶質材料で埋め込まれる。続いて、薄膜光電変換ユニット4a上に中間反射層5を連続膜として成膜する。

【0053】以上のようにして薄膜光電変換ユニット4a及び中間反射層5をそれぞれ連続膜として形成した後、YAGレーザ等を用いたレーザスクライブにより光電変換ユニット4a及び中間反射層5に第3の分離溝24を形成する。中間反射層5のレーザスクライブに伴って生じる導電性の微細粉は、超音波洗浄などによって必要に応じて除去する。

【0054】次に、中間反射層5上に薄膜光電変換ユニット4bを連続膜として成膜する。この薄膜光電変換ユニット4bの成膜に伴い、第3の分離溝24は、薄膜光電変換ユニット4bを構成する結晶質材料で埋め込まれる。

【0055】その後、薄膜光電変換ユニット4a、4b及び中間反射層5に、YAGレーザ等を用いたレーザスクライブによって接続溝23を形成する。次に、光電変換ユニット4b上に裏面電極層6を形成する。この裏面電極層6の形成に伴い、接続溝23は金属のような導電性材料で埋め込まれ、接続溝23を埋め込む導電性材料を介して裏面電極層6と透明前面電極層3とが電氣的に接続される。

【0056】次に、薄膜光電変換ユニット4a、4b、中間反射層5、及び裏面電極層6に、YAGレーザ等を用いたレーザスクライブによって第2の分離溝22を形成する。さらに、YAGレーザ等を用いたレーザスクライブによって発電領域を確定し、セル10が形成する列の両端部に一對の電極バスバー12を設ける。以上のようにして、図1及び図2に示す構造を得る。

【0057】なお、以上の方法によって作製したモジュール1には、通常、その裏面側に封止樹脂層（図示せ

ず）を介して有機保護フィルム（図示せず）を設ける。この封止樹脂層は、透明基板2上に形成された各薄膜光電変換セル10を封止するものであり、有機保護フィルムをこれらセル10に接着することが可能な樹脂が用いられる。そのような樹脂としては、例えば、EVA（エチレン・ビニルアセテート共重合体）等を用いることができる。また、有機保護フィルムとしては、ポリフッ化ビニルフィルム（例えば、テドラフィルム（登録商標名））等が用いられる。これら封止樹脂／有機保護フィルムは、真空ラミネート法により薄膜光電変換モジュール1の裏面側に同時に貼着することができる。

【0058】以上説明した第1の実施形態に係るモジュール1では、分離溝24が設けられているため、中間反射層5のセル10内に位置する部分と接続溝23を埋め込む金属との間にリーク電流が発生するのを防止することができる。

【0059】また、この分離溝24は透明前面電極層3を分割する分離溝21から独立して設けられているため、分離溝21は薄膜光電変換ユニット4aを構成する非晶質材料のみで埋め込まれる。薄膜光電変換ユニット4aを構成する非晶質材料は、薄膜光電変換ユニット4bを構成する結晶質材料と比較すると遥かに電氣的に絶縁性である。それゆえ、第1の実施形態によると、隣り合う透明前面電極層3間の電氣的短絡を効果的に防止することができる。

【0060】さらに、第1の実施形態において、分離溝24の底面は透明前面電極層3の表面で構成されている。通常、透明前面電極層3は結晶質であるので、薄膜光電変換ユニット4bの成膜の初期から分離溝24の側壁及び底面には結晶質材料が成長し、それゆえ、分離溝24は結晶質材料で埋め込まれる。中間反射層5は、通常、多結晶として成膜されるので、分離溝24及びその周囲で薄膜光電変換ユニット4bを構成する材料は初期から結晶質として成長し、構成が同じなので膜剥離が発生することはない。

【0061】このように、第1の実施形態によると、所定の位置に分離溝24を設けるという極めて簡便な方法で、モジュール1の出力特性を向上させるという中間反射層5の効果を十分に引き出すことができる。すなわち、第1の実施形態によると、高い出力特性を容易に実現することが可能である。

【0062】次に、本発明の第2の実施形態について説明する。上述した第1の実施形態では、分離溝24を形成する際に、中間反射層5から生じる導電性の微細粉が分離溝24の側壁に付着することがある。そのような場合、隣り合う2つのセル10の一方の中間反射層5から分離溝24の側壁に付着した導電性微細粉を介して他方の透明前面電極層3に至る導電パスが形成される。また、上述した第1の実施形態では、分離溝24に埋め込まれる結晶質材料、すなわちp層若しくはi層、を介し

て透明前面電極層3に至る導電パスが形成されることがある。これらの結果、サイドリークを生ずる。薄膜光電変換ユニット4bで生じた電力をより有効に取り出すためには、このような導電パスが形成されることによるサイドリークは排除されるべきである。

【0063】第1の実施形態で説明した構造において、分離溝24を形成する際に導電性微細粉が分離溝24の側壁に付着した場合、例えば、薄膜光電変換ユニット4bの成膜前に超音波洗浄などを行うことによってサイドリークの発生を防止することができる。しかしながら、このような方法では、分離溝24を形成する工程と薄膜光電変換ユニット4bの成膜工程との間に、洗浄工程及び乾燥工程が必要となる。以下に説明する第2の実施形態では、工程数を増加させることなく上述したサイドリークの発生を防止する。

【0064】図3は、本発明の第2の実施形態に係る薄膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図である。図3に示すモジュール1は、透明前面電極層3に第4の分離溝25が形成されていること以外は、図2に示すモジュール1と同様の構造を有している。

【0065】第4の分離溝25は、第3の分離溝24が第1の分離溝21と第4の分離溝25との間に位置するように設けられており、透明前面電極層3と薄膜光電変換ユニット4aとの界面に開口を有し且つ基板2の表面を底面としている。また、第4の分離溝25は、第1の分離溝21と同様に、薄膜光電変換ユニット4aを構成する非晶質によって埋め込まれている。

【0066】このような構造によると、例えば、セル側中間層5から透明前面電極層3に至る導電パスが形成されたとしても、分離溝24と接続溝23との間に分離溝25が形成されているので、隣り合う2つのセル10の一方の中間反射層5から他方の透明前面電極層3に至る導電パスが形成されることはない。したがって、図3に示すモジュール1によると、導電パスが形成されることによるサイドリークが防止され、より高い出力特性を実現することが可能である。

【0067】また、分離溝24の形成は分離溝21を形成する工程において行えばよいので、工程数が増加することはない。すなわち、第2の実施形態によると、第1の実施形態で得られたのと同様の効果が得られるのに加え、工程数を増加させることなくより高い出力特性を容易に実現することが可能である。

【0068】次に、本発明の第3の実施形態について説明する。上述した第2の実施形態では工程数を増加させることなくサイドリークを防止可能としているが、第1の実施形態と比較すると、形成する溝の数は分離溝25の分だけ増加する。以下に説明する第3の実施形態では、形成する溝の数を増加させることなくサイドリークを防止する。

【0069】図4は、本発明の第3の実施形態に係る薄

膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図である。図4に示すモジュール1は、第3の分離溝24が薄膜光電変換ユニット4a及び中間反射層5だけでなく透明前面電極層3をも分割していること以外は、図2に示すモジュール1と同様の構造を有している。

【0070】このような構造では、分離溝24を挟んで両側に位置する透明前面電極層3同士は電氣的に絶縁されているので、例えば、分離溝24の側壁に導電性微細粉が付着していたとしても、隣り合う2つのセル10の一方の中間反射層5から他方の透明前面電極層3に至る導電パスが形成されることはない。したがって、図4に示すモジュール1によると、溝内を経由するサイドリークが防止され、より高い出力特性を実現することが可能である。すなわち、第3の実施形態では、形成する溝の数を増加させることなく上述したサイドリークを防止することができる。

【0071】また、第3の実施形態では、第1の実施形態と同様に、分離溝24が設けられているため、中間反射層5のセル10内に位置する部分と接続溝23を埋め込む金属との間にリーク電流が発生するのを防止することができる。さらに、第3の実施形態では、第1の実施形態と同様に、分離溝24は分離溝21から独立して設けられているため、隣り合うセル10間で透明前面電極層3同士が電氣的に短絡されるのを効果的に防止することができる。

【0072】なお、図4に示す構造では、分離溝24の底面は基板2の表面で構成されるため、薄膜光電変換ユニット4bの成膜初期において、分離溝24内に薄い非晶質層が形成されることがある。この場合、先に説明したように薄膜光電変換ユニット4bの一部が分離溝24から剥離することがある。そのような剥離を生じた場合、例えば、図5(a)に示すモジュール101においては、裏面電極層106の成膜の際に分離溝121が金属のような導電性材料で埋め込まれるため、単一のセル110内で裏面電極層106と透明前面電極層とが短絡し、その結果、出力特性は著しく低下する。それに対し、図4に示すモジュール1においては、分離溝24は分離溝21から独立して設けられているため、そのような剥離を生じたとしても出力特性が著しく低下することはない。

【0073】すなわち、第3の実施形態によると、第1及び第2の実施形態と同様に、高い出力特性を容易に実現することが可能である。

【0074】

【実施例】以下に本発明の実施例について説明する。

【0075】（実施例1）以下に示す方法により、図1及び図2に示す薄膜光電変換モジュール1を作製した。まず、一方の主面にSnO₂膜3を有する127mm×127mmのガラス基板を準備した。次に、YAG I Rパルスレーザを用いて基板2の一辺に平行にレーザス

キャンすることにより SnO_2 膜 3 をスクライブして、 SnO_2 膜 3 を複数の帯状パターンへと分割する幅 $40\ \mu\text{m}$ の分離溝 21 を形成した。

【0076】その後、超音波洗浄及び乾燥を行い、さらに、プラズマCVD法により、 SnO_2 膜 3 上に薄膜光電変換ユニット 4a を成膜した。なお、この光電変換ユニット 4a は、光電変換層としてノンドープの非晶質シリコン層を有しており、p-i-n 接合を形成している。続いて、スパッタリング法により、薄膜光電変換ユニット 4a 上に ZnO 層 5 を成膜した。

【0077】次に、YAG SHGパルスレーザを用いて基板 2 の一辺に平行にレーザスキャンすることにより、これら薄膜光電変換ユニット 4a 及び ZnO 膜 5 のスクライブを行い、それらを複数の帯状パターンへと分割する幅 $60\ \mu\text{m}$ の分離溝 24 を形成した。なお、分離溝 21 と分離溝 24 との中心間距離は $100\ \mu\text{m}$ とした。

【0078】次いで、プラズマCVD法により、 ZnO 層 5 上に薄膜光電変換ユニット 4b を成膜した。なお、この光電変換ユニット 4b は、光電変換層としてノンドープの多結晶シリコン層を有している。

【0079】続いて、YAG SHGパルスレーザを用いて基板 2 の一辺に平行にレーザスキャンすることにより、これら薄膜光電変換ユニット 4a、4b 及び ZnO 膜 5 のスクライブを行い、それらを複数の帯状パターンへと分割する幅 $60\ \mu\text{m}$ の接続溝 23 を形成した。なお、接続溝 23 と分離溝 24 との中心間距離は $100\ \mu\text{m}$ とした。

【0080】その後、薄膜光電変換ユニット 4b 上に、スパッタリング法により、 ZnO 膜及び Ag 膜を順次成膜して裏面電極層 6 を形成した。次いで、YAG SHGパルスレーザを用いて基板 2 の一辺に平行にレーザスキャンすることにより、薄膜光電変換ユニット 4a、4

b、 ZnO 膜 5、及び裏面電極層 6 を複数の帯状パターンへと分割する幅 $60\ \mu\text{m}$ の分離溝 22 を形成した。なお、分離溝 22 と接続溝 23 との中心間距離は $100\ \mu\text{m}$ とした。

【0081】続いて、YAG パルスレーザを用いて基板 2 の周囲に沿ってレーザスキャンすることにより、 SnO_2 膜 3、薄膜光電変換ユニット 4a、4b、 ZnO 膜 5、及び裏面電極層 6 に溝を形成して発電領域を確定した。以上のようにして、それぞれ $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ のサイズを有し且つ互いに直列接続された 11 段の薄膜光電変換セル 10 を形成した。

【0082】さらに、セル 10 が形成する直列アレイ 11 の両端部に一对の電極バスバー 12 を設けることにより、図 1 及び図 2 に示すモジュール 1 を得た。なお、本実施例では、薄膜光電変換ユニット 4a、4b 及び ZnO 膜 5 の膜厚が異なる複数種のモジュール 1 を作製した。

【0083】次に、上述した方法で作製したモジュール 1 のそれぞれについて、測定温度を 25°C として、AM 1.5 のスペクトルを有する放射照度 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ のソーラーシミュレータにより出力特性を調べた。なお、光源としては、キセノンランプ、ハロゲンランプ、及びフィルタを組み合わせたものを用いた。それら結果を、以下の表 1 に実施例として示す。

【0084】また、分離溝 24 を有していないこと以外は上述したのと同様の構造を有する薄膜光電変換モジュールを、薄膜光電変換ユニット 4a の膜厚を 250nm 、薄膜光電変換ユニット 4b の膜厚を 3000nm 、及び ZnO 膜 5 の膜厚を 30nm として作製し、このモジュールについても出力特性を調べた。その結果を以下の表 1 に比較例として併せて示す。

【0085】

【表 1】

表 1

	膜厚 (nm)			出力特性			
	薄膜光電変換ユニット		ZnO膜	V _{OC} (V)	J _{SC} (mA/cm ²)	F. F. (%)	Eff. (%)
	4a	4b					
実施例1	200	3000	30	1.312	12.3	64.2	10.4
	200	3000	50	1.318	12.7	65.8	11.0
	200	3000	70	1.322	12.4	67.1	11.0
	250	2300	30	1.359	12.3	63.5	10.6
	250	2300	50	1.357	11.8	64.8	10.5
	250	2300	70	1.348	11.1	66.6	10.0
	250	3000	30	1.351	12.0	63.8	10.3
	250	3000	50	1.347	12.8	64.2	11.1
	250	3000	70	1.355	12.5	65.8	11.1
	250	3500	30	1.351	12.4	64.2	10.8
	250	3500	50	1.356	13.1	63.0	11.2
	250	3500	70	1.324	12.6	65.5	10.9
	300	3000	30	1.322	13.0	65.2	11.2
	300	3000	50	1.311	12.8	66.0	11.1
	300	3000	70	1.332	12.3	65.0	10.7
比較例	250	3000	30	1.313	12.3	50.0	8.1

【0086】上記表1に示すように、本実施例に係るモジュール1のいずれにおいても、比較例に係るモジュールよりも遥かに高い光電変換効率Eff.が得られている。これは、本実施例に係るモジュール1では、分離溝24が設けられているため、短絡電流J_{SC}は殆ど変化していないものの、開放電圧V_{OC}が増加するとともにフィルファクタF. F. が著しく増加したからである。

【0087】なお、上述したのとほぼ同様の方法で図5(a)に示す薄膜光電変換モジュール101を作製し、このモジュール101についても出力特性の測定を行った。しかしながら、図5(a)に示すモジュール101で得られた各出力特性は、本実施例に係るモジュール1で得られた特性と比較すると、いずれも極めて不十分な値であった。

【0088】（実施例2）実施例1で説明したのとほぼ同様の方法により、図1及び図3に示す薄膜光電変換

モジュール1を作製した。すなわち、本実施例では、分離溝21を形成する工程で、分離溝21に加えて幅40μmの分離溝25も形成した。また、分離溝21と分離溝24との中心間距離を100μm、分離溝24と分離溝25との中心間距離を100μm、分離溝25と接続溝23との中心間距離を100μm、及び接続溝23と分離溝22との中心間距離を100μmとした。なお、本実施例でも、薄膜光電変換ユニット4a、4bの膜厚及びZnO膜5の膜厚が異なる複数のモジュール1を作製した。

【0089】次に、これらモジュール1のそれぞれについて、実施例1で説明したのと同条件下で出力特性を調べた。それら結果を、以下の表2に示す。

【0090】

【表2】

表 2

	膜厚(nm)			出力特性			
	薄膜光電変換ユニット		ZnO膜	V _{OC} (V)	J _{SC} (mA/cm ²)	F. F. (%)	Eff. (%)
	4a	4b					
実施例2	250	2000	30	1.351	12.2	68.0	11.2
	250	2000	50	1.358	11.7	69.2	11.0
	250	2000	70	1.324	10.9	70.5	10.2
	250	3000	30	1.352	11.6	71.2	11.1
	250	3000	50	1.359	12.3	67.8	11.3
	250	3000	70	1.350	12.2	66.7	11.0
	250	2000	30	1.351	12.2	68.0	11.2
	250	2000	50	1.358	11.7	69.2	11.0
	250	2000	70	1.324	10.9	70.5	10.2
	300	3500	30	1.362	11.84	70.51	11.4
	300	3500	50	1.354	12.73	66.85	11.5
	300	3500	70	1.356	12.66	66.5	11.5

【0091】上記表2に示すように、実施例2に係るモジュール1のいずれにおいても、表1に比較例として示したモジュールよりも遥かに高い光電変換効率Eff.が得られている。これは、本実施例に係るモジュール1では、分離溝24が設けられているため、短絡電流J_{sc}は殆ど変化していないものの、開放電圧V_{oc}が増加するのと同時にフィルファクタF. F. が著しく増加したからである。

【0092】また、上記表1及び表2のデータの比較から明らかなように、実施例2に係るモジュール1では、実施例1に係るモジュールよりも高いフィルファクタF. F. が得られる傾向にある。これは、分離溝25を設けることにより、隣り合う2つのセル10の一方のZnO膜5から他方のSnO₂膜3への電流のリークが防

*止されたためである。

【0093】(実施例3) 幅40μmの分離溝24によってSnO₂膜3も分割したこと以外は実施例1で説明したのと同様の方法により、図1及び図4に示す薄膜光電変換モジュール1を作製した。なお、本実施例では、薄膜光電変換ユニット4a、4bの膜厚をそれぞれ250nm及び3000nmとして、ZnO膜5の膜厚が異なる複数のモジュール1を作製した。

【0094】次に、これらモジュール1のそれぞれについて、実施例1で説明したのと同条件下で出力特性を調べた。それら結果を、以下の表3に示す。

【0095】

【表3】

表 3

	膜厚(nm)			出力特性			
	薄膜光電変換ユニット		ZnO膜	V _{OC} (V)	J _{SC} (mA/cm ²)	F. F. (%)	Eff. (%)
	4a	4b					
実施例3	250	3000	30	1.312	11.6	69.0	10.5
	250	3000	50	1.352	12.0	68.5	11.1
	250	3000	70	1.355	11.9	68.2	11.0

【0096】上記表3に示すように、実施例3に係るモジュール1のいずれにおいても、表1に比較例として示したモジュールよりも遥かに高い光電変換効率Eff.が得られている。これは、本実施例に係るモジュール1では、分離溝24が設けられているため、短絡電流J_{sc}は殆ど変化していないものの、開放電圧V_{oc}が増加するのと同時にフィルファクタF. F. が著しく増加したからである。

【0097】また、上記表1及び表3のデータの比較から明らかなように、実施例3に係るモジュール1では、実施例1に係るモジュールよりも高いフィルファクタ

F. F. が得られる傾向にある。これは、分離溝24でSnO₂膜3を分割することにより、隣り合う2つのセル10の一方のZnO膜5から他方のSnO₂膜3への電流のリークが防止されたためである。

【0098】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては、中間反射層から各セルを直列接続する接続部へのサイドリークを防止する分離溝が、透明前面電極層を各セルに対応して分割する分離溝から独立して設けられる。そのため、後者の分離溝を非晶質のみで埋め込んで、隣り合うセル間で透明前面電極同士が短絡するを防止する

ことが可能である。

【0099】また、本発明において、上記サイドリークを防止する分離溝の底面を透明前面電極層の上面で構成する場合、その分離溝から結晶質光電変換層を備えた薄膜光電変換ユニットの一部が剥離するのを防止することができる。

【0100】さらに、本発明においては、それぞれのセルについて、透明前面電極層を分割する分離溝を2つ形成した場合、それら分離溝の間に上記サイドリークを防止する分離溝を設けるか或いはそれら分離溝の一方として上記サイドリークを防止する分離溝を設けることにより、上記サイドリークを防止する分離溝の側壁を介したリークを防止することができる。

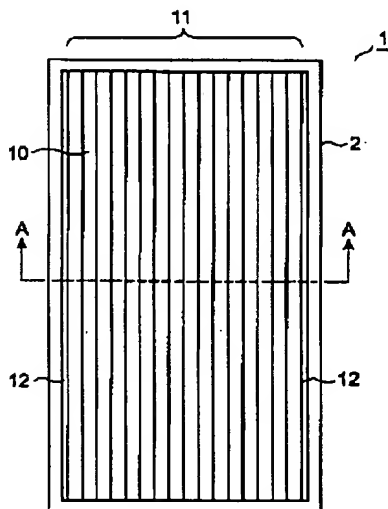
【0101】すなわち、本発明によると、中間反射層を有するハイブリッド型構造を採用し且つ高い出力特性を容易に実現し得る薄膜光電変換モジュールが提供される。

【図面の簡単な説明】

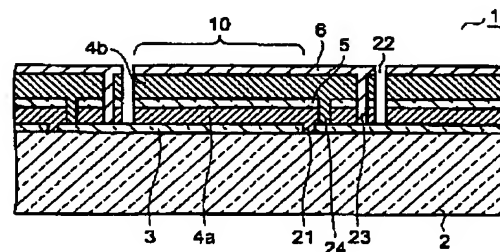
【図1】本発明の第1の実施形態に係る薄膜光電変換モジュールを概略的に示す平面図。

【図2】図1に示す薄膜光電変換モジュールのA-A線に沿った断面図。

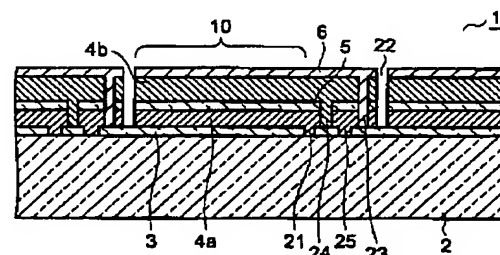
【図1】



【図2】



【図3】



【図3】本発明の第2の実施形態に係る薄膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図。

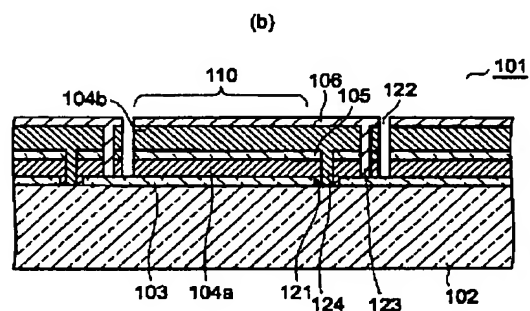
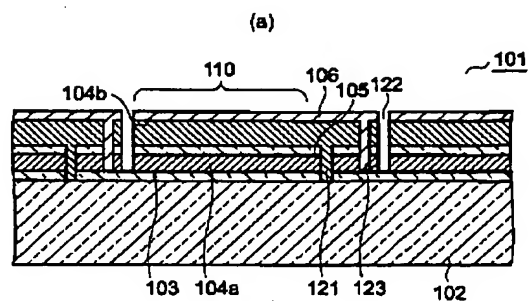
【図4】本発明の第3の実施形態に係る薄膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図。

【図5】(a), (b)は、それぞれ、タンデム型構造を採用した従来の薄膜光電変換モジュールを概略的に示す断面図。

【符号の説明】

- 1, 101…薄膜光電変換モジュール
- 2, 102…透明基板
- 3, 103…透明前面電極層
- 4a, 4b, 104a, 104b…薄膜光電変換ユニット
- 5, 105…中間反射層
- 6, 106…裏面電極層
- 10, 110…薄膜光電変換セル
- 11…直列アレイ
- 12…電極バスバー
- 21, 22, 24, 25, 121, 122, 124…分離溝
- 23, 123…接続溝

【図 5】



F ターム(参考) 5F051 AA03 AA04 AA05 CA15 CB12
CB15 DA04 DA16 DA18 EA11
EA16 FA02 FA03 FA04 FA19
JA04 JA05